

Impact de la Phénologie des Espèces Ligneuses Préservées de Savane sur L'évolution des Milieux Modifiés par L'activité Anthropique dans le Nord-Est Ivoirien. L'exemple des Savanes Soudaniennes de la Région de Bouna

Kambiré Sambiré, Maître-assistant
Université Peleforo Gon Coulibaly,
Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p69](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p69)

Submitted: 21 August 2021
Accepted: 10 September 2021
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kambiré S. (2021). *Impact de la Phénologie des Espèces Ligneuses Préservées de Savane sur L'évolution des Milieux Modifiés par L'activité Anthropique dans le Nord-Est Ivoirien. L'exemple des Savanes Soudaniennes de la Région de Bouna*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 69.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p69>

Résumé

Les savanes soudaniennes sont caractérisées par les groupements d'arbres utiles protégés, organisés en vergers ou en parcs. Ces ligneux conduisent à un retour remarquable à la physionomie originelle des divers faciès de végétation profondément modifiés à travers l'apparition et la chute de leurs feuilles, fleurs et fruits. On peut alors s'interroger sur le rôle de ces phases phénologiques dans la restauration des milieux transformés par l'activité anthropique. Cette étude vise à montrer le processus de régénération des milieux transformés par l'homme à partir des cycles phénologiques des ligneux épargnés par les défrichements. Elle contribue à améliorer la capacité des communautés rurales à planifier et à gérer durablement les ressources environnementales en savanes soudaniennes. Elle repose sur le postulat d'une restauration des faciès des milieux végétaux modifiés à partir de la dissémination du stock au sol des organes des diverses espèces protégées. L'analyse des stades phénologiques de ces espèces ligneuses est effectuée à partir de relevés réalisés tous les 15 jours du début de la saison sèche à la fin de l'hivernage. Les résultats indiquent que leurs recrûs verts, à partir des fruits disséminés ou des racines, permettent la reconquête ligneuse des milieux

abandonnés à la jachère.

Mots clés: Phénologie, Espèces Préservées, Milieux Modifiés, Savane, Nord-Est Côte d'Ivoire

Impact of The Phenology of Plant Species Preserved in Savannah on The Evolution of Environments Modified by Human Activity in The North-Eastern of Côte d'Ivoire. The Example of The Sudanese Savannahs of The Bouna Region

Kambiré Sambiré, Maître-assistant
Université Peleforo Gon Coulibaly
Côte d'Ivoire

Abstract

The sudanese savannahs are characterized by useful protected species of trees, organized in orchards or parks. This woody stand involves remarkable modifications of the physiognomy of the different facies of the vegetation by appearance and fall of their leaves, flowers and fruits. We can therefore wonder about the role of these phenological modifications in restoring the environments modified by humans. This study aims to show the process of regeneration of environments transformed by humans from the phenological cycles of the ligneous species spared by clearing. It contributes to improving the capacity of rural communities to plan and sustainably manage environmental resources in the sudanese savannahs. It is based on postulate of a restoration of facies of transmormed plant environments from dissemination of the stock on soil of the organs of the various protected species. The phenological stages of these woody species are analyzed on the basis of surveys carried out every two weeks from the start of the dry season to the end of the rainy season. The results show that their green regrowth, from scattered fruits or roots, allow the woody reconquest of environments abandoned to fallow.

Keywords: Phenology, Woody Species Preserved, Destroyed Environments, Savannah, North-Eastern Côte d'Ivoire

Introduction

En Afrique de l'Ouest, pour répondre aux préoccupations de conservation des milieux, des études ont été entreprises visant tous les aspects qui pourront aider à développer une approche plus coordonnée de gestion basée sur les principes de la gestion intégrée des ressources naturelles aux

niveaux national et régional et, en tenant compte de la participation de tous les acteurs clés.

Plusieurs travaux ont été conduits sur la phénologie des espèces ligneuses dans la région phytogéographique soudanaise. Devineau Jean Louis (1999), à la suite de Breman Hendrick et al. (1995), a montré une synchronisation entre les modèles phénologiques et le rythme des saisons. Fournier Anne (1991, pp. 86 à 95) indique que la variabilité des phénophases entre les individus correspond à une aptitude propre à chaque espèce dans la conquête du milieu. Des résultats semblables ont été déjà obtenus sur des savanes au Venezuela par Monasterio Maximina et al. (1976, pp. 325-356). Il manque à ces études la dimension des dynamiques naturelles, très marquée dans les savanes soudaniennes d'Afrique de l'Ouest, à partir des manifestations phénologiques des espèces. Cette étude entend alors faire connaître le rôle du déroulement phénologique des espèces ligneuses épargnées dans la régénération des milieux transformés à l'échelle de la région de Bouna. Dans ce milieu de savane soudanaise, un grand nombre de végétaux spontanés se retrouvant dans les écosystèmes sont préservés parce qu'ils sont affectés à des usages humains. Des organes de certaines espèces, sont récoltés et consommés frais ou secs ou encore sont utilisés de diverses manières. *Butyro-spermum paradoxum parkii* ou *Vitellaria paradoxa* (le karité), *Parkia biglobosa* (le néré), *Adansonia digitata* (le baobab), *Lannea microcarpa* (le Raisinier), etc. sont parmi les principales espèces des parcs agroforestiers fournissant des fruits et des graines très utilisés. Leurs produits font l'objet de commerce dans les marchés des villages et des villes des savanes soudaniennes. « C'est le cas par exemple du beurre de karité qui est un produit industriel très recherché » (UNEP-GEF Volta Project, 2011, p. 47). Les feuilles de *Adansonia digitata* (*Bombacaceae*) de même que les graines de *Parkia biglobosa* sont très appréciées en sauce. Ces espèces, qui purifient aussi l'air, fournissent des abris et des médicaments ; l'espace dans lequel elles se trouvent joue un rôle important en tant que lieu de détente et de cérémonies (fête de réjouissance, rites religieux, funérailles, etc.) pour les communautés rurales sans compter leur valeur religieuse.

Des observations courantes du paysage montrent des modifications remarquables de la physionomie des divers faciès de végétation dans les milieux modifiés par l'activité anthropique à travers l'apparition et la chute des feuilles, fleurs et fruits de ces arbres et arbustes préservés.

Deux questions se posent alors devant cette transformation de la physionomie des milieux. Quels mécanismes permettent aux plantes d'opérer de tels changements à un niveau de faciès ? Comment la structure spécifique des communautés s'ajuste-t-elle pour parvenir à ces transformations ?

L'étude part du postulat d'une restauration des faciès des milieux végétaux modifiés à partir de la dissémination du stock au sol des organes des diverses espèces protégées.

La portée de ce travail est de contribuer, à terme, à améliorer la capacité des communautés rurales à planifier et à gérer durablement les ressources environnementales en milieux de savanes soudaniennes. Il s'attache à préciser les principaux stades phénologiques de quelques espèces utiles des savanes dans une vaste région : la région de Bouna, dans le Nord-Est ivoirien, à travers les pays ruraux de Nyamoin et d'Assoum. Il cherche, ensuite, à mettre en évidence, à l'aide de données de terrain aussi précises et nombreuses que possible, l'influence des modifications phénologiques, d'une année à l'autre, sur la physionomie de la végétation dans les milieux transformés par l'homme.

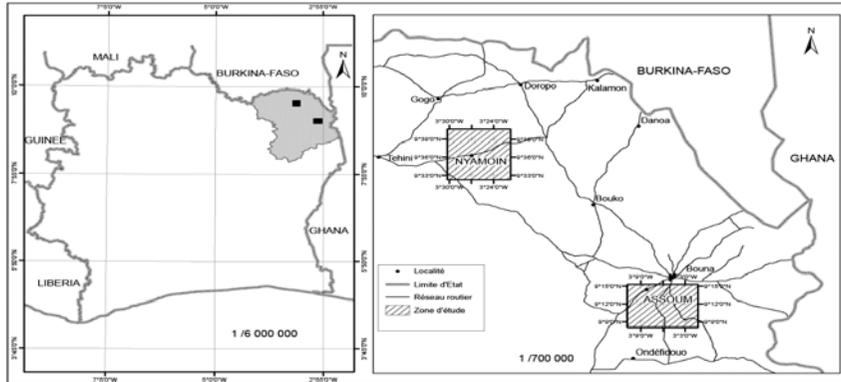
1. Données et méthodes

1.1. Cadre géographique de la recherche

Les investigations se sont menées dans les savanes soudaniennes de la région de Bouna située entre 8° 50' et 10° N et entre 2° 50' et 4° W. Mais plutôt que l'ensemble de la région, des espaces-témoins, au sein de ce vaste ensemble, ont été étudiés à fond compte tenu de leur représentativité des conditions du milieu physique régional. Les choix tiennent compte de deux critères. Le premier critère s'appuie sur les conditions du substrat qui peuvent relayer les données climatiques et influencer la phénologie des espèces étudiées : la région se présente comme « un gigantesque clavier en touches de piano où alternent régulièrement de larges blocs cristallins (granites, gneiss, migmatites) et de minces bandes phylliteuses (schistes passant localement aux flysch et roches vertes, accessoirement migmatites et granites post-tectoniques) » (Avenard Jean Michel, 1971, p. 29). Le deuxième critère est la facilité d'accès aux sites d'étude pour le recueil des données. En recoupant ces critères, le choix s'est porté sur deux secteurs, celui de Nyamoin et celui d'Assoum (figure 1).

Le pays rural d'Assoum est compris entre 9° 8' et 9°15' de latitude nord et entre 2° 56' et 3° 6' de longitude ouest. C'est un pays de socle appartenant à la *semi-plateforme* ouest- africaine. Semi-rigide (ce qui peut expliquer l'existence des corps filoniens de dolérite), elle est nettement métamorphique (pyroxénites, amphibolites, quartzites ferrugineuses du Simandien qui subsistent en petits lambeaux à cause de la granitisation) et très ferrifère (quartzites à magnétites et itabirites). Le paysage est une association de plateaux et glacis couverts de sols ferrugineux lessivés sur matériau ferrallitique (Dabin Bernard et al., 1960, p. 36).

Le pays rural de Nyamoin est situé plus au nord-ouest de Bouna entre 9° 32' et 9° 40' de latitude nord et entre 3° et 3° 31' de longitude ouest.



Réalisation Kambire S.

Figure 1. Région de Bouna et localisation des espaces de l'étude

Le substrat géologique est caractérisé par une structure rectiligne, linéaire qui constitue de grandes bandes (250 à 300 km de long sur 30 à 50 km de large) de direction générale N-NE/S-SW. Elles constituent le géosynclinal éburnéen qui se différencie de la semi-plateforme par sa « mobilité ». Par contre-coup ces séries phylliteuses s'alignent préférentiellement sur les cours d'eau ; l'essentiel du matériel est constitué d'un complexe de schistes sériciteux ou chloriteux redressés à la verticale et finement interstratifiés avec des grauwackes ; il est interprété comme un flysch (Avenard Jean Michel, 1971, p. 28). Le paysage est une association de plateaux faiblement cuirassés et/ou partiellement démantelés, de glacis et plateaux fortement cuirassés, de 200 à 300 m d'altitude, revêtus de sols ferrallitiques moyennement désaturés. Associés au flysch et assez systématiquement disposés en bordure, des affleurements de roches vertes s'étirent conformément au canevas structural des bandes géosynclinales. « Ce sont, à des degrés divers, des roches volcaniques basiques ou neutres ultérieurement métamorphosées » (Rougerie Gabriel, 1967, p. 66). Elles provoquent l'exhaussement de quelques reliefs plus importants qui semblent jaillir des plateaux schisteux et être sans liens apparents avec eux : vrais massifs aux formes hardies, formes linéaires de chaînes et chaînons collinéens, barres rocheuses ou lignes de crête recouverts de sols bruns eutrophes tropicaux qui s'ouvrent sur des sols ferrallitiques moyennement désaturés sur de lourdes croupes plus molles. Des failles ayant entraîné le jeu de compartiments sont sans doute à la base de cette disposition « l'érosion ayant dégagé le tréfonds dans les zones soulevées et respecté la superstructure ailleurs » (Rougerie Gabriel, 1967, op. cit., p. 69).

Les deux pays ruraux ainsi décrits correspondent aux nuances des conditions physiques d'ensemble qu'on puisse associer à la région de Bouna. Ils permettent aussi de comprendre les nuances dans le fonctionnement des systèmes que l'on observe.

1.2. Données de L'étude : Collecte, Traitement et Analyses

La phénologie est entendue comme l'étude des variations des événements biologiques et physiologiques répétitifs visibles à l'œil nu et des causes biotiques et abiotiques de leur synchronisation (Ali Mahamane et al., 2007, p. 2). Les résultats présentés ici reposent sur des données recueillies de manière systématique dans trois faciès visités tous les 15 jours dans chacun des deux pays ruraux étudiés. Ces faciès suivis correspondent à des savanes de jachère à *Butyro-spermum parkii* (*Vitellaria paradoxa*), *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri* d'au moins six ans de durée.

Des placeaux d'observation sont localisés dans un petit nombre de sites mais suffisant pour décrire les cycles phénologiques chez les espèces épargnées étudiées dans chacun des trois faciès de savane à l'étude. On évite toute répartition des sites d'observation selon un plan de sondage de type probabiliste. Il s'agit de disposer dans chacune des zones-test, un nombre limité mais suffisant de placeaux d'observations qui seront fonction des conditions structurales. Le petit nombre de sites pouvant être traités correspond aux paysages qui acquièrent toute leur cohérence par leur articulation dans une prise en compte globale du milieu et les mieux à même de rendre compte des diverses situations des biotopes dans les zones-test. Trop de redondance est, alors, à la fois perte de temps et gaspillage de moyens. Ces sites sont repérés et sélectionnés après des prospections préalables sur le terrain grâce aux réseaux de sentiers paysans. A Nyamoin, il s'agit des paysages de plateau sur schistes, de croupe en roches schisteuses et de colline en roches vertes. A Assoum, ces sites correspondent à des paysages de plateau granitique, de croupe en roches schisteuses et de collines surbaissées en roches leucocrates. Dans chaque type des paysages précédents, à Nyamoin comme à Assoum, trois modelés différents reçoivent, chacun, un plateau de deux km² abritant des jachères d'inégale durée : un premier modelé portait, déjà en 2016, une jachère de six ans ; un second, une jachère de 10 ans et un troisième modelé, une jachère de plus de 15 ans. Au total, dix-huit sites, soit 36 km², ont été parcourus, chaque quinzaine de jours en quatre ans complets, du 03 mars 2016 au 19 mars 2020, suffisants pour bien cerner les cycles phénologiques chez les espèces *Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri* dans le Nord-Est ivoirien, notamment la région de Bouna.

Sept stades phénologiques sont retenus : l'apparition des premières jeunes feuilles, celle des premières feuilles adultes, la floraison, la fructification, la présence de fruits secs, celle de feuilles sèches et la défeuillaison. Les travaux qui concernent un plus petit nombre d'espèces associées indistinctement aux faciès ci-dessus énumérés, *Lannea microcarpa*, *Adansonia digitata* et *Azadirachta indica*, ont également été pris en compte pour l'élaboration des tableaux phénologiques. Le choix des essences se justifie par leur importance dans le peuplement et la reconquête ligneuse des

milieux modifiés par l'activité anthropique d'une part, et leur rôle présupposé dans l'alimentation de la faune sauvage (agent de dissémination) d'autre part. Un total de 978 arbres et arbustes appartenant aux trois espèces, *Butyrospermum parkii*, *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri*, dans les trois faciès de végétations et 91 végétaux ligneux de trois espèces en petit nombre de fois, *Lannea microcarpa*, *Adansonia digitata* et *Azadirachta indica*, dans ces faciès ont été étudiés.

La description qualitative du cycle phénologique chez les six espèces retenues est précédée d'une étude quantitative centrée sur le spectre étalon des végétaux, le spectre biologique et la densité des espèces qui constituent l'essentiel de chaque faciès en 2016 et 2020.

Il est très difficile, à travers les divers documents consultés, d'avoir une idée claire du nombre d'espèces végétales dans la région de Bouna. Une étude de la composition de la flore phanérogame s'impose. Deux techniques complémentaires d'inventaire floristique ont été utilisées. Il s'agit du relevé de surface et du relevé de transect (itinérant). Les sites d'inventaire, les plus pertinents, ont été choisis dans des portions de terres qui ont été préservées sous formes d'aires qui concentrent la diversité biologique spontanée, parce qu'elles sont plus ou moins soustraites aux pressions anthropiques, sources de dégradation des écosystèmes et d'érosion de la diversité floristique. On reconnaît certes que si les biotopes dégradés constituent bien un extrême dans une séquence de détérioration, il en est également de même pour les situations de protection qui, malgré tout, sont un artefact dans la nature. Cependant, dans les situations perturbées à la suite d'une surexploitation agricole du milieu, les transformations conduisent, dans bien de cas, à la disparition d'espèces diverses. Au contraire, si une zone est protégée (soustraite aux activités anthropiques) depuis longtemps, ces menaces n'ont pas lieu. Certaines zones d'inventaire de la flore se retrouvent alors, dans les parties du Parc National de la Comoé à proximité et sous influence directe des conditions physiques qui prévalent dans chacun des deux pays ruraux ainsi que dans la forêt classée du Kolodio près du finage d'Assoum. Au sein-même des zones-test, les autres zones d'étude correspondent aux aires sacrées et milieux répressifs, donc peu modifiés, sur substrats spéciaux : cuirasses et rochers découverts.

Le relevé de surface a consisté à délimiter des parcelles de 100 m x 100 m réparties sur des sites correspondants aux trois principaux types de substrats : roches granitiques et phylliteuses (dont les schistes et les roches vertes), soit 300 ha. Ces placettes concernent les sites choisis dans le parc de la Comoé et dans la forêt classée du Kolodio très vastes pour être étudiés dans leur ensemble. En revanche, au sein-même des deux pays ruraux, la totalité des surfaces préservées, relevant de l'aire de couverture des zones sacrées ou des végétations sur substrat répressif, est prise en compte, soit 37 parcelles de

108 ha au total à Nyamoin en province birrimienne et 19 parcelles de 69 ha à Assoum en pays granitique.

A l'intérieur de toutes ces surfaces ainsi considérées, toutes les espèces de plantes rencontrées ont été recensées. Des relevés itinérants ont été effectués par la suite sur des transects, des pistes et dans certains endroits très difficiles d'accès, autour des placettes et à l'intérieur des milieux environnants. Les espèces observées, à partir de ces deux méthodes d'inventaire, ont été notées. Des échantillons d'espèces non encore signalées dans la flore locale ont été récoltés et transmis au Centre National de Floristique, à l'Université de Cocody-Abidjan, pour compléter de la liste floristique de l'ensemble de la région de Bouna. Le spectre biologique des espèces épargnées et les densités de peuplement de l'ensemble des individus ligneux ont été évalués.

Les données réunies à Nyamoin sur substrat phylliteux et à Assoum sur granite, concernant le spectre biologique, les densités des ligneux et les phases phénologiques des espèces préservées, sont ensuite présentées à titre de comparaison.

Bien que les végétaux herbacés ne soient pas le sujet principal de ce travail, ils ont été inclus dans cette étude car leur présence influe sur la strate ligneuse. Les graminées dominent largement la strate herbacée des savanes, en nombre d'individus comme en masse végétale. Les autres familles sont généralement représentées par peu d'espèces et peu d'individus. Cette importance des herbacées graminéennes, tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus, influence la nature et le fonctionnement de la strate ligneuse. Ouédraogo Pierre Maxime (1985), cité par Fournier Anne (1991, p. 85), a d'ailleurs montré qu'il existe un lien entre le recouvrement et la composition floristique de la strate ligneuse d'une part, la phytomasse et la composition floristique de la strate herbacée d'autre part. Pour décrire les cycles phénologiques assez divers qui se rencontrent chez les végétaux herbacés de savane, les stades de la montaison, de la floraison et de la fructification sont utilisés, avec en plus, la catégorie "germination" pour les annuelles.

Il n'existe que peu de relevés climatiques pour la région de Bouna elle-même où aucune station météorologique ne fonctionne de manière régulière. Des postes de la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM) existent en revanche depuis plusieurs années à Ferkessedougou (à 160 km à l'ouest de Ouango-Fitini). Mais, ceux-ci n'exploitent que uniquement la pluviosité. Les données sur l'hygrométrie des sols les plus récentes utilisées dans cette étude sont alors celles fournies par Lamotte Maxime (1982).

2. Résultats

2.1. Structure de la végétation

2.1.1. Lien du spectre biologique avec le substrat

Les bandes phylliteuses constituent 31 % du substrat régional (figure 2). Le soubassement cristallin est donc largement dominant.

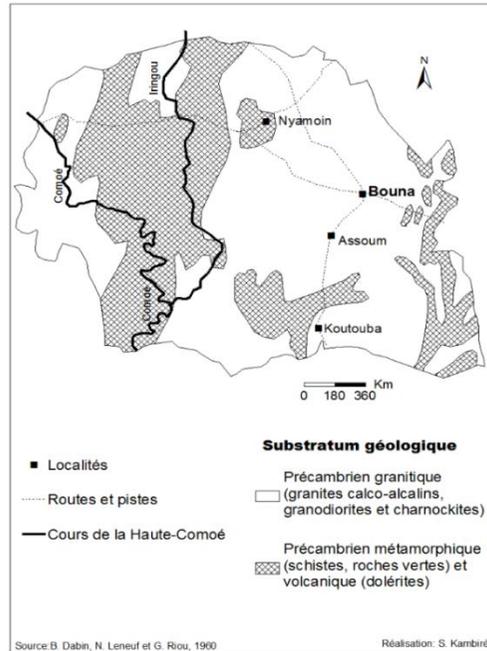


Figure 2. Carte géologique de la région de Bouna

Le spectre étalon est envisagé à l'échelle globale. C'est l'ensemble de la flore phanérogamique dont environ 917 espèces dans les placettes et transects étudiés. Le spectre biologique fournit l'importance relative des types biologiques dans la flore d'un territoire ou au sein d'une communauté végétale; il en reflète la physionomie et la structure.

Dans le tableau 1, on remarque de profondes variations spatiales du spectre étalon et du spectre biologique des espèces épargnées avec une importance relative de la composition de la flore phanérogamique et du spectre biologique sur substrat phylliteux par rapport au substrat granitique. De même, si le spectre étalon et le spectre biologique des espèces épargnées connaissent, dans les jachères étudiées, une forte expansion dans le temps (taux de progression global supérieur à 30 % entre 2016 et 2020), c'est sur substrat phylliteux que l'évolution est la plus remarquable. Il est aussi noté que chez les autres espèces, traditionnellement non épargnées par les défrichements, les pourcentages du spectre biologiques par rapport au spectre étalon accusent une chute drastique entre 2016 et 2020, signe d'une reconquête, par les espèces ligneuses préservées, de l'espace et la restauration des faciès naturels dans les

milieux perturbés par l'activité anthropique. Ces transformations des milieux vers une physionomie plus forte se réalisent avec plus de vigueur en provinces phylliteuses que sur substrat granitique.

Tableau 1. Spectre biologique de quelques espèces épargnées selon les différents substrats géologiques (en % du spectre étalon) en 2016 et 2020

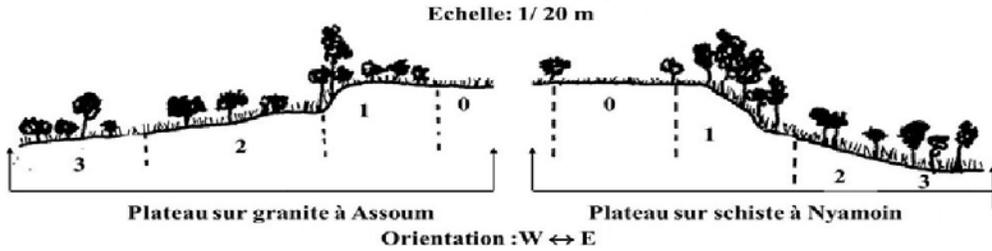
Spectre étalon ou biologique	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lamea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres			
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020		
Spectre étalon	1	3	1	2	8	21	5	12	1	4	5	17	79	41		
Spectre biologique sur substrat	phylliteux		3	4	4	6	20	29	15	20	5	9	11	17	42	15
	granitique		1	3	1	4	6	23	3	15	1	5	5	11	83	39
Autres = reste de la flore phanérogamique																

2.1.2. Densité ligneuse et substrat

En l'absence de défrichement ultérieur ou d'une forte perturbation anthropique, la végétation des savanes de jachère s'ordonne dans les paysages selon la topographie et le substrat. La répartition des divers types physiologiques suit ainsi, en général, de près la topographie. Mais le substrat est plus déterminant. La figure 3 donne un exemple de répartition de la végétation le long de deux toposéquences en milieu de jachère dans le Nord-Est ivoirien.

Les savanes herbues se rencontrent généralement sur les sols minces des plateaux cuirassés, les savanes arborées, savanes boisées, forêts claires sur les sols alternativement secs et humides de versant et les forêts galeries, en reconstitution, sur les sols alternativement secs et engorgés d'eau des bas de pente ainsi que dans les bas-fonds argileux. La densité des ligneux augmente sur les sols plus profonds et mieux drainés. Les tableaux 2-a, 2-b et 2-c contiennent dans le détail les ordres de grandeur obtenus dans les surfaces expérimentales établies dans les faciès de savane à *Butyro-spernum paradoxum parkii*, à *Daniellia oliveri* et à *Parkia biglobosa* respectivement sur substrat phylliteux à Nyamoin et sur soubassement cristallin à Assoum. Ils soulignent le rôle éminent du substrat géologique dans la répartition des espèces ligneuses protégées et des individus. La densité moyenne des ligneux principaux des divers faciès, en considérant uniquement les plantes de plus de 20 cm de circonférence, est plus forte en province phylliteuse à Nyamoin que sur granites à Assoum.

Figure 3. Exemple de répartition de la végétation des milieux modifiés en fonction du substrat et de la topographie



0. Savane herbeuse/arbustive de sommet cuirassé à *Lophira lanceolata*, *Bauhinia thonningii*, *Detarium microcarpum*..., *Loudetia togoensis*, *L. simplex*, *Hyperthelia dissoluta*, etc. et de bordure de cuirasse parfois arborée. **1.** Savane boisée ou forêt claire sur rebord de cuirasse de corniche et de haut de versant à *Isobertinia doka*, *Parkia biglobosa*, *Butyro-spermum paradoxum parkii*..., *Schizachyrium sanguineum*, *Andropogon schirensis*, *Andropogon tectorium*, etc. **2.** Savane arborée de moyen versant à *Parkia biglobosa*, *Hyparrhénia smithiana*, *Andropogon ascinodis* et *Panicum phragmitoïdes*. **3.** Savane arborée ou boisée de bas de versant à *Daniellia oliveri*, *Andropogon canaliculatus*, *A. ascinodis* et *A. schirensis*.

Tableau 2. Densités et répartition des espèces par faciès en 2016 et 2020

Tableau 2-a. Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Butyro-spermum paradoxum parkii*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	9	17	14	23	107	144	22	29	21	39	45	69	8	13
Granite	6	11	9	16	69	99	17	23	18	27	37	42	4	7

Tableau 2-b. Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Daniellia oliveri*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	7	11	21	27	38	45	71	90	19	24	23	29	7	10
Granite	5	7	13	18	21	26	44	54	12	14	22	26	4	6

Tableau 2-c. Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Parkia biglobosa*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	10	15	19	27	41	51	33	39	27	34	89	118	10	12
Granite	6	13	16	21	27	33	28	35	20	26	58	81	4	7

Ces tableaux indiquent également, à travers l'augmentation des densités de peuplement ligneux, la reconquête des milieux modifiés par les

espèces préservées dominantes et co-dominantes, notamment *Butyro-spermum paradoxum parkii*, *Daniellia oliveri* et *Parkia biglobosa*.

2.2. Déroulement du cycle phénologique chez les plantes de savane du Nord-Est ivoirien

2.2.1. Cycle phénologique des principales graminées

Au cours des incendies de savane, qui surviennent généralement entre décembre et février dans la région de Bouna, la matière vivante est presque totalement détruite au-dessus du sol. Il reste seulement quelques îlots de matière morte, plus ou moins calcinée, et des cendres qui seront enfouies comme fertilisants du sol ou engrais utilisés par les plantes ligneuses ou éliminés par le retour des pluies.

La repousse des graminées peut être précoce, la croissance et la floraison plus ou moins importante selon les années et le substrat (figure 4 et 5).

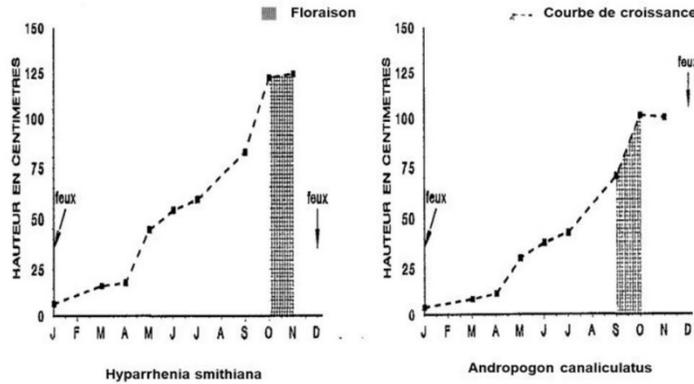


Figure 4. Croissance en hauteur de quelques Graminées sur substrat birrimien

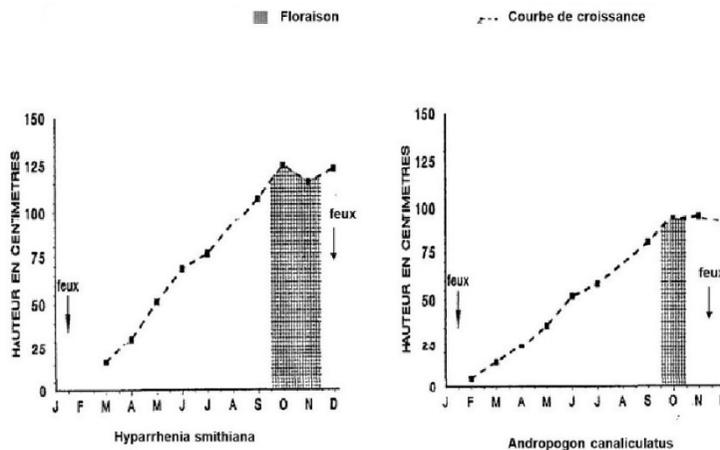


Figure 5. Croissance en hauteur de quelques Graminées sur granites

La repousse peut débuter très vite après le passage du feu qui se réalise vers fin décembre, comme en témoigne les exemples des espèces de graminées *Hyparrhénia smithiana* et *Andropogon canaliculatus*. Si deux semaines après le feu, il n’y avait encore aucune repousse de ces graminées dans les faciès de savane arborée étudiés sur substrat birrimien, 40 % de leurs touffes présentaient en revanche déjà quelques jeunes feuilles au bout d’une quinzaine de jours, soit dès début janvier. Toutefois, les jeunes feuilles ainsi précocement apparues peuvent mourir avant le retour de la saison des pluies. La faible biomasse verte observée en janvier peut alors totalement disparaître en février et mars.

La repousse est quelque fois tardive comme c’est le cas de ces deux espèces sur sol de granite, qui n’ont présenté aucune jeune feuille jusqu’en février voire en mars, alors que ces graminées étaient déjà plus ou moins bien vertes depuis janvier sur schiste, le feu étant pourtant passé partout dès décembre. Ce décalage entre repousses sur les deux différents substrats s’explique surtout par les caractéristiques édaphiques, point qui sera détaillé plus tard (voir partie discussion).

La première phase d’évolution des graminées pendant leur cycle annuel est une croissance végétative qui dure environ huit mois sur roches phylliteuses de janvier jusqu’en juillet-août. Ensuite débute la phase de sexualisation, les nouveaux entre-nœuds formés à cette époque sont longs et portent des feuilles de morphologie différente des précédentes. Ce stade phénologique, désigné par le terme de “montaison” en agrostologie, est particulièrement nette chez *Schizachyrium sanguineum* et *Loudettia simplex*. La floraison des graminées marque la fin de l’allongement de leurs axes. Elle débute en août-septembre pour les quelques espèces étudiées. Certaines graminées particulièrement précoces telles que *Ctenium newtonii*, *Brachiaria jubata* et *Loudettia simplex* fleurissent et fructifient cependant un peu plus tôt, en août et les semences sont toutes tombées des épis en novembre. Les tableaux 3 et 4 présentent les stades phénologiques observés (sauf le stade des repousses très variable suivant les années) pour les principales espèces herbacées des faciès arborés étudiés.

S’il est noté une précocité relative des cycles phénologiques à Nyamoin sur substrat phylliteux par rapport à Assoum sur granite, il est remarqué, en revanche sur le terrain, que toutes les espèces, dans les deux domaines de roches perdent entièrement leurs semences en novembre.

Tableau 3. Phénologie des principales graminées à Assoum sur granite

Espèces	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Andropogon ascinodis</i>								MMM	MMM	**F		
<i>Andropogon canaculatus</i>								MMM	MM*	*F*		
<i>Andropogon gayanus</i>										***		
<i>Andropogon schirensis</i>								MMM	MM*	***		

Tableau 5. Phénologie des principaux ligneux utiles des savanes de Nyamoin

Espèces étudiées	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Adansonia digitata</i>	DDs	Dssf*	Df*	D*f	AA	AAA	F	FFF	FFF			DD
<i>Azadirachta indica</i>	ff	f**	*FF	FFF								Sss
<i>Butyro-s. parkii</i>	sss		*f	ff*	**A	FAA	FFF					s
<i>Daniellia oliveri</i>	DDD	DD*f	Dff*	ffA	Aff	A**	*F	FFF				SSS
<i>Lannea microcarpa</i>	SDD	fff										SSS
<i>Parkia biglobosa</i>	Sss	sDD	DDD	Df	ff*	**A	AA	AAA				S

f : émergence des premières jeunes feuilles ; A : apparition des premières feuilles adultes ; * : floraison ;
 F : fructification ; s : fruits secs et leur chute ; S : premières feuilles sèches ; D : défeuillage
 NB. Le code f, A,*, F ; s, S ou D, noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

Le même cycle phénologique s'observe à Assoum sur substrat granitique. Mais, tout comme chez les graminées, avec environ un mois de retard sur le début du cycle des espèces sur substrat birrimien (tableau 6). Hormis chez *Daniellia oliveri* et quelques individus de certaines espèces non étudiées, notamment sur roches phylliteuses, aucune feuille n'a atteint le stade de la maturité en mai. C'est en fin de saison sèche que la plupart des ligneux reprennent leur croissance.

Tableau 6. Phénologie des principaux ligneux utiles des savanes d'Assoum

Espèces étudiées	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Adansonia digitata.</i>	DDs	Dss	DD*	Df*	**f	AA	AAA	F	FFF		SD	Ds
<i>Azadirachta indica</i>	Sss	f*	f*F	FFF								Ss
<i>Butyro-s. parkii</i>				f	f*	**A	FAA	FFF			s	sss
<i>Daniellia oliveri</i>	DDD	DDD	Df*	ff*	ffA	AA	A**	*F	FFF		SSS	SSD
<i>Lannea microcarpa</i>	DDD			fff							SSS	SDD
<i>Parkia biglobosa</i>	sDD	DDD			f	ff*	*AA	AA	AAA		S	Sss

f : émergence des premières jeunes feuilles ; A : apparition des premières feuilles adultes ; * : floraison ;
 F : fructification ; s : fruits secs et leur chute ; S : premières feuilles sèches ; D : défeuillage
 NB. Le code f, A,*, F ; s, S ou D, noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

Plusieurs types de floraison peuvent être distingués chez les arbres et arbustes. Les espèces à floraison précoce produisent leurs fleurs en même temps que leurs jeunes feuilles ou très peu de temps après, donc en fin de saison sèche. Dans quelques cas (*Butyro-spermum parkii*, *Adansonia digitata*) les fleurs apparaissent même avant les feuilles. D'autres espèces, plus tardives, fleurissent et fructifient au contraire pendant l'hivernage ou même en fin de saison humide. Certaines espèces (comme *Azadirachta indica*) enfin, ont une période de reproduction bien plus étalée et des individus en fleurs et en fruits

se rencontrent pendant presque toute l'année. Les mesures et observations personnelles montrent que le phénomène est identique dans ses grandes lignes pour les deux sites étudiés.

3. Discussion

3.1. Le substrat, facteur de variation spatio-temporelle des événements biologiques, physiologiques chez les espèces et de la physionomie des groupements végétaux

La carte géologique de la région de Bouna a montré que les zones-test de Nyamoin et Assoum représentent toutes les nuances observées dans les conditions structurales au sein de cette région en milieu de savane soudanienne du Nord-Est de la Côte d'Ivoire. La littérature le montre tout aussi dans le domaine du bioclimat. Ces nuances dans les conditions naturelles se traduisent par les variations, dans le temps et dans l'espace, des événements biologiques et physiologiques des espèces étudiées - *Butyro-spermum paradoxum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Daniellia oliveri*, *Adansonia digitata*, *Lannea microcarpa* et *Azadirachta indica* - ainsi que de la physionomie des divers faciès de végétation perturbée dont elles sont les espèces dominantes ou co-dominantes. Le rapprochement des résultats de cette étude avec les conditions physiques régionales est destiné à montrer le facteur déterminant dans les variations du cycle phénologique de ces espèces et de l'évolution des densités des individus qui leur sont associés dans l'espace et le temps.

D'un point de vue bioclimatique, les savanes de la région de Bouna se situent en zone soudanaise caractérisée par la faiblesse des totaux annuels de pluie. Le secteur présumé soudanais proprement dit est le moins arrosé : la moyenne des précipitations annuelles du climat tropical semi-aride (soudanien) tourne autour de 1100 millimètres. Eldin Michel (1971, p. 105) évalue les minimums hygrométriques à moins de 20 % et les maximums entre 45 et 75 %. Les conditions de ce climat sont réalisées dans la zone de Nyamoin. Ce secteur soudanais n'entame que peu le secteur subsoudanais, plus au sud, à l'extrême nord du pays suivant une ligne FéréDougou (au nord d'Odienné), Ferkessédougou, Nassian (au sud de la réserve de Bouna), Farako. Ici, les précipitations du climat tropical sub-humide (soudanien de transition) peuvent atteindre 1600 mm/an. Eldin Michel (1971, op. cit.) estime les maximums de l'humidité relative à plus de 80 % et les minimums entre 30 et 70 %. Ces conditions climatiques sont celles qui se retrouvent dans la zone d'Assoum.

Cette analyse du climat soulève un paradoxe frappant d'autant qu'il apparaît que la zone d'Assoum, qui bénéficie de conditions hygrométriques plus favorables, accuse environ un mois de retard sur le début du cycle phénologique des espèces ligneuses ou graminéennes et enregistre le niveau d'évolution le plus faible de la densité des ligneux étudiés par rapport à la zone

de Nyamoin. On sait, en effet, selon les résultats présentés ci-haut que c'est entre janvier et mai, selon les espèces, qu'apparaissent les premières jeunes feuilles, lesquelles parviennent au stade adulte entre avril et août à Nyamoin alors que ces phénophases ne se réalisent que plus tardivement à Assoum, soit environ un mois après. Il a été également noté que la repousse des graminées est quelquefois tardive comme c'est le cas chez les espèces *Hyparrhenia smithiana* et *Andropogon canaliculatus* qui n'ont présenté aucune jeune feuille jusqu'en février voire en mars à Assoum sur sols de granite alors que ces graminées étaient déjà plus ou moins bien vertes depuis janvier à Nyamoin sur sols en roches phylliteuses, le feu étant pourtant passé partout dès décembre.

Cette mise en rapport des résultats de cette étude et des conditions climatiques décrites par Eldin Michel (1971) permet de déduire que dans le Nord-Est Ivoirien, notamment la région de Bouna, la période théorique de végétation active se définit non pas absolument comme l'époque où les précipitations sont supérieures à la moitié de l'ETP (de mars-avril à octobre-novembre). Elle est peut-être due d'une part, à la variation du degré d'hygrométrie, en fin de saison sèche et de saison des pluies, et d'autre part, au régime des précipitations comme l'on écrit Mahamane Ali et al. (2007, p. 8) pour le Parc National du « W » au Niger. Mais dans la côte d'Ivoire septentrionale, le facteur le plus déterminant est le degré hygrométrique des sols. Dans cette partie du pays, Eldin Michel (1971, op. cit.) a montré que l'état de sécheresse que peut supporter une végétation est en liaison avec le déficit hydrique cumulé *efficace* (c'est-à-dire le déficit hydrique *climatique*, diminué en chaque point de la valeur de la réserve en eau utile du sol supposée intégralement reconstituée au début de la saison sèche) et non pas climatique. Or la capacité de rétention en eau des sols dépend de leur richesse en argile. Guillaumet Jean-Louis et al. (1971, p. 175) admettent, pour la Côte d'Ivoire, qu'elle est forte dans les sols issus de roches schisteuses birrimiennes ou granitiques riches en feldspath, moyenne sur granites riches en quartz et faible sur les sables du continental terminal. Les observations de Lamotte Maxime (1982, p. 55) dans différents sites du Nord-Est ivoirien atteste le déterminisme de cette eau du sol. Les variations saisonnières de l'humidité de la partie superficielle du sol (couche de 0-25 cm) ont été suivies, par lui, au cours de l'année 1980 dans deux savanes de la région de Ouango-Fitini qui se trouve dans une zone de contact entre schistes, roches vertes et granite. Les données sur un sol ferrallitique issu de schiste, comparées aux valeurs d'humidité d'un sol ferrugineux en province granitique sont présentées dans la figure 6. Ces données sont celles qui prévalent dans les deux zones-test puisque celles-ci présentent les mêmes conditions physiques naturelles que la zone de Ouango-Fitini.

dès que ces réserves sont épuisées si la saison des pluies n'est pas encore engagée ».

Compte tenu de ces remarques concordantes sur la liaison entre les conditions d'humidité du sol et les événements biologiques, on choisit de n'introduire que le seul facteur édaphique, le plus pertinent, dans les variations spatio-temporelles du déroulement des cycles phénologiques, de la croissance, de la phytomasse et de la production végétale dans la savane soudannienne, en particulier celle de la région de Bouna dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

3.2. L'influence des phénophases des ligneux protégés sur les milieux modifiés par l'homme

La savane de jachère est la formation herbacée la mieux représentée dans le Nord-Est ivoirien. Des variations, d'ordre floristique, physionomique, structural, phytosociologique, interviennent nécessairement si l'on progresse le long d'une toposéquence qui va des sommets aux bas-fonds. Granier Pierre et al. (1975, p. 79) évoquent à Madagascar cet ordonnancement le long d'une catena topographique qui va des Hauts-Plateaux jusqu'à la mer. Pourtant, malgré des différences d'aspect dues à des raisons écologiques diverses, la savane reste fondamentale et comparable, dans certaines de ses caractéristiques, en tous points du bioclimat soudanien. L'une de ces caractéristiques, soulevée dans cette étude, est son dynamisme actif introduisant une évolution rapide des faciès et un retour au peuplement fermé. Granier Pierre et al. (op. cit., p.79) reconnaissent aussi cette capacité à se reboiser des savanes à Madagascar après une profonde perturbation anthropique du milieu.

Le schéma évolutif est en général amorcé dans les formations dominées par les espèces utiles préservées en particulier dans les milieux modifiés par l'homme. L'époque de l'apparition des fruits secs ou mûrs et de leur chute paraît le critère intéressant pour caractériser la reproduction, la reconquête ligneuse de l'espace et la physionomie végétale. Le cycle de reproduction est en relation avec la chute des grains : les grains qui tombent amorcent, en grande partie, les étapes du retour au peuplement fermé.

3.3. Moteurs de dispersion et retour au peuplement fermé en milieu de savane modifié

Les moteurs de la dispersion sont soit des facteurs internes propres aux organismes, soit des facteurs externes liés à leur environnement.

Les facteurs internes sont de deux sortes : la capacité de propagation et le potentiel évolutif. La *capacité de propagation* dépend du potentiel de reproduction, c'est-à-dire de l'aptitude à produire de nouveaux individus et leur longévité ; elle dépend aussi du mode de dissémination, c'est-à-dire de la faculté de se déplacer ou d'être dispersé à des distances plus ou moins grandes.

Certaines espèces végétales épargnées connaissent une dissémination active comme la multiplication végétative par les racines (*Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa*, etc.); d'autres sont soumises à une dissémination passive par l'intervention d'un agent de transport (toutes les espèces étudiées). Kambiré Sambiré et al. (2020, p. 57) trouvent les types de dissémination passive dans l'*anémochorie* (par le vent), l'*hydrochorie* (par l'eau), la *barochorie* (par la gravité, le poids des graines), la *zoochorie* (par les animaux), l'*anthropochorie* (par l'homme, volontairement ou non). Le *potentiel évolutif* est l'aptitude des individus végétaux à s'adapter à leur environnement; cette aptitude concerne la stratégie adaptative liée à l'ensemble des caractères ou dispositifs d'ordre morphologique, physiologique, éthologique.

Les facteurs externes regroupent tous les facteurs favorables de l'environnement qui favorisent la distribution, de telle sorte qu'on fait la différence entre l'aire réelle et l'aire potentielle. Ces facteurs sont ici de plusieurs types : les conditions thermiques ou hydriques permissives ; géologiques ou édaphiques (compatibilité) et biotiques (existence de prédateurs, de phénomènes de compétition, actions humaines).

Issues de la multiplication végétative ou de la dissémination passive par l'intervention des agents externes, les plantules des espèces épargnées sont en effet fortement tributaires des pluies pour commencer leur croissance et des réserves en eau du sol pour se maintenir après avoir poussé ou germé. On l'a déjà vu, le passage du feu, entre janvier et février selon les années, déclenche une chute en masse des feuilles mais la défeuillaison se poursuivrait progressivement sur plusieurs mois en son absence. Les grains tombés par gravité ou disséminés du fait des agents externes restent ensuite ensevelis sous les feuilles sèches tombées en concomitance avec les grains secs disséminés ou un peu plus tard. On verra apparaître sous ces feuilles des petites pousses et des racines à partir des grains. Elles offrent des conditions d'humidité que viendront renforcer les pousses de graminées précoces. Mais les conditions hydriques locales sont certainement décisives. Les premières pluies, en février-mars arrivent alors sur des germes qui ont déjà installé leur premier système racinaire.

On a fait la même observation chez les bourgeons proventifs (latents non distinctement apparents) ou adventifs (développés après un stress, c'est-à-dire une coupe ou une blessure des organes de l'arbre, aux dépens des tissus de cicatrisation) sur certaines racines de *Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata*, *Daniellia oliveri* et *Azadirachta indica* dont la multiplication végétative se fait aussi par les organes souterrains affleurants, parfois bien loin de la tige souterraine principale. Si le bourgeon reçoit beaucoup de sève ou d'humidité, il partira en bois, s'il en reçoit peu, il gonflera en bouton à feuilles.

Des plantules à peine feuillées et des individus en germination se rencontrent ainsi ça à là pendant le début de l'hivernage mais leur croissance est inhibée par les graminées annuelles entre mars et octobre. Dans certains faciès, la taille des touffes et la nature des espèces sont en cause : présence de hautes herbes dans les touffes, peu de lumière pour les jeunes ligneux ; pas de rhizome, la compétition pour l'alimentation en eau leur est défavorable. La proximité de grands arbres, comme *Azelia africana*, ou de grosses branches au sol, paraît en revanche favorable. Ils soustraient au sol les variations brusques de température et des conditions hydriques locales. Puis vient la saison sèche pendant laquelle les appareils superficiels des graminées jaunissent et se dessèchent. Les nouveaux individus (plantules ou germes), laissés à eux-seuls sans aucune action qui les dégénèrent (le feu, la coupe, etc.), se lignifient, croissent progressivement en utilisant la réserve en eau du sol. En effet, en l'absence des phénomènes de compétition avec les graminées, les jeunes ligneux enregistrent l'évolution des environnements local et global par le bilan du carbone et la réponse à l'effet de serre. A leur place, s'installe une végétation ligneuse de plus en plus fermée qui évolue vers le faciès de l'espèce dominante.

Le brout des cespiteuses, au cours de la saison humide par les animaux, prolonge cette absence de compétition et renforce la croissance des jeunes ligneux. Le processus s'apparente exactement à la description de César Jean (1977, p. 90) : « on rencontre, dans les zones exploitées par le bétail, des formations tout à fait différentes ». Une seule génération domine. Il y a eu rupture de l'équilibre en faveur des jeunes ligneux et cette classe dominante progresse à mesure que la population herbacée vieillit. La compétition entre herbacées et ligneux ne joue plus : le déséquilibre provient de l'épuisement des graminées. « La cause de l'épuisement des graminées est presque toujours le surpâturage et surtout l'absence de temps de repos ou un temps de repos trop court ». Et ajoute César (op. cit.): un essai réalisé au Centre de Recherches Zootechniques (C.R.Z.) de Minankro-Bouaké en Côte-d'Ivoire corrobore cette description : les recrûs ligneux ont été recensés 9 mois après un débroussaillage chimique. On notait 2 630 rejets à l'ha sur la parcelle pâturée, alors que celle mise en défens n'en comptait que 600. Très souvent, le déséquilibre entre ligneux et herbacées est accentué par la faiblesse du feu ou son absence totale par défaut de combustible herbacé.

Conclusion

Il semble avoir de rapport entre les manifestations actuelles du cycle saisonnier et celles des cycles phénologiques. Par contre l'accent peut être mis sur l'alimentation en eau du sol, qui constitue le facteur des phénophases le plus impératif. Les végétaux étudiés présentent deux types de comportement vis-à-vis des fluctuations des facteurs écologiques. Très peu d'espèces sont

relativement peu sensibles aux écarts des conditions hydriques telles qu'elles se présentent dans le Nord-Est ivoirien. La plupart calquent leurs stades phénologiques sur les variations des conditions hydriques du milieu. De même, parmi les phénologies variées ainsi mises en évidence, des règles d'organisation apparaissent: certains traits phénologiques s'associent entre eux de manière préférentielle et d'autres se distinguent selon les types biologiques des espèces. A l'échelle de la phytocénose, la reconstitution des faciès de végétation de savane est déterminée par l'association des stades phénologiques constitués de l'apparition et la chute des fruits secs et des feuilles de la plupart des espèces étudiées en saison sèche. La reconquête ligneuse de l'espace et la reconstitution des divers faciès de végétation sont soumises à la dissémination active et surtout passive en général dans des conditions d'humidité offertes par la défeuillaison pendant la saison défavorable puis par les repousses des graminées en début de saison humide. Paradoxalement, l'épanouissement des recrûs ligneux coïncide avec la disparition des graminées au cours du temps. C'est, en effet, en l'absence des phénomènes de compétition entre graminées et recrûs ligneux que les jeunes ligneux enregistrent leur propre évolution et celle des environnements local et global par le bilan du carbone et la réponse à l'effet de serre.

References:

1. Aubreville André, 1950, Flore forestière soudano-guinéenne. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 523 p.
2. Avenard Jean Michel (1971), Aspects de la géomorphologie, Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 9-72.
3. Breman Hendrick, Kessler Jan-Joost, 1995, Woody plants in agroecosystems of semi-arid regions. Agronomic Sciences. vol. 23. Berlin : Springer-Verlag, 1995, 354 p.
4. César Jean, 1977, « Essais de lutte chimique contre les ligneux en savane, Côte-d'Ivoire (1975-1976) ». In Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 30 (1), agritrop.cirad.fr, 85-99.
5. Dabin Bernard, Leneuf Noël, Riou Gérard, 1960, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/ 2 000 000, Notice explicative, Service des sols de la Côte d'Ivoire-Ministère de l'Agriculture, 36 p.
6. Devineau Jean Louis, 1999, « Seasonal rythms and phonological plasticity of savanna woody species in fallow farming system (south-west Burkina Faso) ». J Trop Ecol 1999 ; 15, 497-513.
7. Eldin Michel, 1971, Le climat ; In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 73-108

8. Fournier Anne, 1991, Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest, variation selon un gradient climatique. Orstom-Paris, 312 p.
9. Granier Pierre et Cabanis Yves, 1975, « Note sur la phénologie des graminées de savane ». In Revue Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 28 (1), 79-82
10. Guillaumet Jean-Louis et Adjanohoun Edmond, 1971, La végétation de la Côte D'Ivoire. In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 158-263
11. Jeffers Jenna N. Robinson et Boaler Sebastian Bruce, 1966, « Ecology of a Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. I Weather and plant growth 1962-64 ». In Journal of Ecology, 54, 447-63.
12. Kambiré Sambiré, Alla Kouadio Augustin et al., 2020, traditionnalité africaine et organisation de l'espace. La brousse inappropriée dans le paysage agricole du nord-est ivoirien : un atout écologique. In Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou, 41-61
13. Lamotte Maxime, 1982, « Consumption and decomposition in tropical grassland ecosystems at Lamto, Ivory Coast ». In Ecology of tropical savannas, Ecological studies 42, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 415-430.
14. Mahamane Ali, Saadou Mahamane, Lejoly Jean, 2007, « Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc national du « W » du Niger ». Sécheresse 2007 ; 1E (4), 1-13
15. Menaut Jean Claude, 1971, Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guinéenne de Côte d'Ivoire. Thèse de 3e cycle, Botanique tropicale, Paris, 140 p. + bibliographie et annexes.
16. Monasterio Maximina et Sarmiento Guillermo, 1996, « Phenological strategies of plant species in the tropical savanna in the semi-deciduous forest of the Venezuelan llanos ». In Biogeography journal, Vol. 3 n° 4, 325-56.
17. Ouédraogo Pierre Maxime, 1985, Etude de la relation herbe-arbre dans une savane naturelle soudanienne, Mémoire de diplôme d'ingénieur des techniques du développement rural, option Elevage, Université de Ouagadougou, 91 p.
18. Rougerie Gabriel, 1964-1967. La Côte d'Ivoire, Coll. Que sais-je? N°137, Paris, PUF.
19. Schnell Raymond, 1970, Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Volume I. Les Flores. Les Structures. Gauthier-Villars, Paris, 499 p.
20. UNEP-GEF Volta Project, 2011, Analyse diagnostique transfrontalière du bassin versant de la Volta : Rapport thématique sur les écosystèmes du bassin, rapport final, UNEP/GEF/Volta/RR., 102p.